MAX712/MAX713

NiCd/NiMHバッテリ用急速充電コントローラ

概要

MAX712およびMAX713は、ニッケル水素(NiMH)およびニッケル・カドミウム(NiCd)バッテリを、バッテリの最大電圧から少なくとも1V以上高いDC電源から急速に充電するためのコントローラです。1～16個の直列セルを最大4Cのレートで充電することができます。電圧勾配を検出するアナログ－ディジタル・コンバータ、タイマ、温度ウィンド・コンパレータにより、充電が完了したことを検出します。MAX712/MAX713は、内蔵の+5Vシャント・レギュレータを介してDC電源から電力を受け、充電中でないバッテリからは最大5μAしか流れません。ローサイドの電流検出抵抗により、バッテリ負荷に電力を供給中でもバッテリへの充電電流も安定化することができます。

MAX712は、電圧勾配がゼロになった時点で急速充電を完了し、MAX713は負の電圧勾配を検出した時点で完了します。いずれの製品も16ピンDIPおよびSOPパッケージで提供されます。必要となる外付け部品は、PNPパワー・トランジスタ、ブロッキング・ダイオード、3個の抵抗と3個のコンデンサのみです。

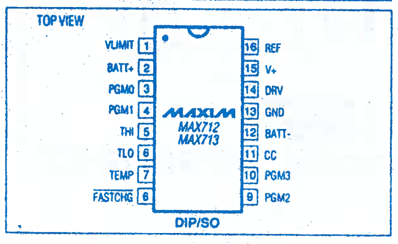
よりハイパワーの充電を行う場合には、MAX712/MAX713をICM7556及びパワーMOSFETと組合わせ、スイッチモード・バッテリ充電器を構成することができ、消費電力を最小化することが可能です。

アプリケーション

バッテリ駆動機器
- ラップトップ、ノートブック、
- パームトップ型コンピュータ
- ハンディターミナル、セルラーホン

携帯用機器
- 携帯型ステレオ
- コードレス電話

ピン配置



特長

- ◆NiMH、NiCdバッテリの急速充電
- ◆1～16個の直列セルの充電
- ◆急速充電：C/3～4Cレート
- ◆トリクル充電：C/16レート
- ◆急速充電からトリクル充電への自動切替え
- ◆急速充電の完了：電圧勾配、温度およびタイマによる
- ◆非充電時の5μA Maxのバッテリからの流出し
- ◆+5Vシャント・レギュレータによる外部ロジックへの電源供給
- ◆充電時にバッテリ負荷への電力供給

型番

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX713CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX713CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX713C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX713EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX713ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX713MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP**

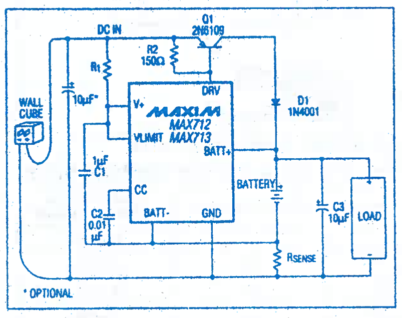
PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX712CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX712CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX712C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX712EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX712ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX712MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP**

Ordering Information continued on last page.

* *Contact factory for dice specifications.*

** *Contact factory for availability and processing to MIL-STD-883.*

標準動作回路



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V+ to BATT- .... -0.3V, +7V
BATT- to GND .... ±1V
BATT+ to BATT-
 Power Not Applied .... ±20V
 With Power Applied .... The higher of ±20V or ±2V x (programmed cells)
DRV to GND .... -0.3V, +20V
FASTCHG to BATT- .... -0.3V, +12V
All Other Pins to GND .... -0.3V, (V+ + 0.3V)
V+ Current 100mA
DRV Current 100mA
REF Current 10mA
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
 Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) 842mW
 Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C) 696mW
 CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C) 800mW
Operating Temperature Ranges:
 MAX71_C_ _ .... 0°C to +70°C
 MAX71_E_ _ .... -40°C to +85°C
 MAX71_MJE .... -55°C to +125°C
Storage Temperature Range .... -65°C to +150°C
Lead Temperature (soldering, 10sec) .... +300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(I_{V+} = 10mA, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Refer to *Typical Operating Circuit*. All measurements are with respect to BATT-, not GND.)

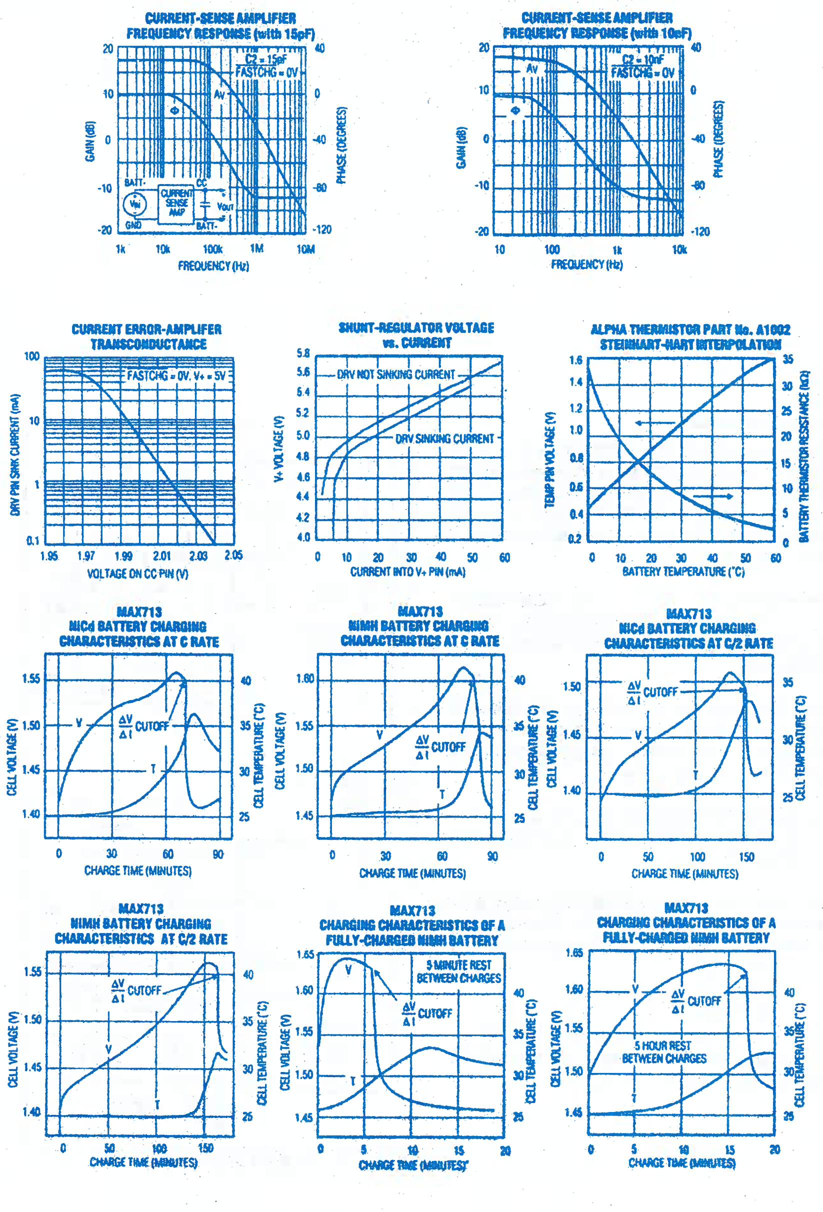
PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V+ Voltage	5mA < I_{V+} < 20mA	4.5		5.5	V
I_{V+} (Note 1)		5			mA
BATT+ Leakage	V+ = 0V, BATT+ = 17V			5	μA
BATT+ Resistance with Power On	PGM0 = PGM1 = BATT-, BATT+ = 30V	30			kΩ
C1 Capacitance		0.5			μF
C2 Capacitance		5			nF
REF Voltage	0mA < I_{REF} < 1mA	1.96		2.04	V
Undervoltage Lockout	Per cell	0.35		0.5	V
External VLIMIT Input Range		1.25		2.5	V
THI, TLO, TEMP Input Range		0		2	V
THI, TLO Offset Voltage (Note 2)	0V < TEMP < 2V, TEMP voltage rising	-10		10	mV
THI, TLO, TEMP, VLIMIT Input Bias Current		-1		1	μA
VLIMIT Accuracy	1.2V < VLIMIT < 2.5V, 5mA < I_{DRV} < 20mA, PGM0 = PGM1 = V+	-30		30	mV
Internal Cell Voltage Limit	VLIMIT = V+	1.6	1.65	1.7	V
Fast-Charge V_{SENSE}		225	250	275	mV
Trickle-Charge V_{SENSE}	PGM3 = V+	1.5	3.9	7.0	mV
	PGM3 = open	4.5	7.8	12.0	
	PGM3 = REF	12.0	15.6	20.0	
	PGM3 = BATT-	26.0	31.3	38.0	
Voltage-Slope Sensitivity (Note 3)	MAX713		-2.5		mV/t_A
	MAX712		0		
Timer Accuracy		-15		15	%
Battery-Voltage to Cell-Voltage Divider Accuracy		-1.5		1.5	%

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
DRV Sink Current	V_{DRV} = 10V	30			mA
FASTCHG Low Current	$V_{FASTCHG}$ = 0.4V	2			mA
FASTCHG High Current	$V_{FASTCHG}$ = 10V			10	μA
A/D Input Range		1.4		1.9	V

Note 1: The MAX712/MAX713 are powered from the V+ pin. Since V+ shunt regulates to +5V, R1 must be small enough to allow at least 5mA of current into the V+ pin.
Note 2: Offset voltage of THI and TLO comparators referred to TEMP.
Note 3: t_A is the A/D sampling interval (see Table 3).

標準動作特性

(T_A = +25°C, unless otherwise noted.)



端子説明

端子	名称	機能
1	VLIMIT	セルの最大電圧を設定します。VLIMITをV+に接続した場合、バッテリの端子電圧(BATT+－BATT-)は1.65V×(セル数)以上にはなりません。接続しない場合には、VLIMIT×(セル数)以上にはなりません。V+に接続しない場合には、VLIMITを+2.5V以上にはしないでください。
2	BATT+	正のバッテリの端子です。
3, 4	PGM0, PGM1	PGM0およびPGM1は、充電対象となる直列セル数を設定します。PGM0およびPGM1を、V+、REF、BATT-のいずれかのピンに接続するか、またはオープンにすることで、充電するセル数を1～16個に設定することができます(表2)。
5	THI	上限温度コンパレータのトリップ・ポイントを設定します。TEMPピンの電圧がTHIを越えた時点で、急速充電は完了します。
6	TLO	下限温度コンパレータのトリップ・ポイントを設定します。TEMPピンの電圧がTLO以下の状態でMAX712/MAX713がパワーアップした場合、急速充電は禁止され、TEMP電圧がTLO以上となるまで充電は開始しません。TLOは、充電器の最低動作温度以下に設定しておく必要があります。

端子	名称	機能
7	TEMP	サーミスタからの温度電圧用の検出入力です。
8	FASTCHG	オープンドレインの急速充電ステータス出力です。MAX712/MAX713がバッテリを急速充電中には、FASTCHGは電流をシンクします。充電完了時にはトリクル充電が開始し、FASTCHGはシンクを中止します。
9, 10	PGM2, PGM3	PGM2およびPGM3は、急速充電の最大時間を設定します。PGM2およびPGM3を、V+、REF、BATT-のいずれかのピンに接続するか、またはオープンにすることで、タイムアウトを33～264分間に設定することができます(表3)。また、PGM3は急速充電とトリクル充電時の電流比の設定にも用います(表5)。
11	CC	定電流安定化ループの補償入力です。
12	BATT-	負のバッテリの端子です。
13	GND	システム・グランド。BATT-とGND間に接続した抵抗により、バッテリに流れ込む電流をモニタします。
14	DRV	外部PNP電流ソースを駆動するための電流シンクです。
15	V+	シャント・レギュレータ。V+ピンの電圧はBATT-を基準とし、+5Vに安定化され、MAX712/MAX713はこの+5Vから電力を得て動作します。
16	REF	2.0Vのリファレンス出力です。1.0mAまでソース可能です。

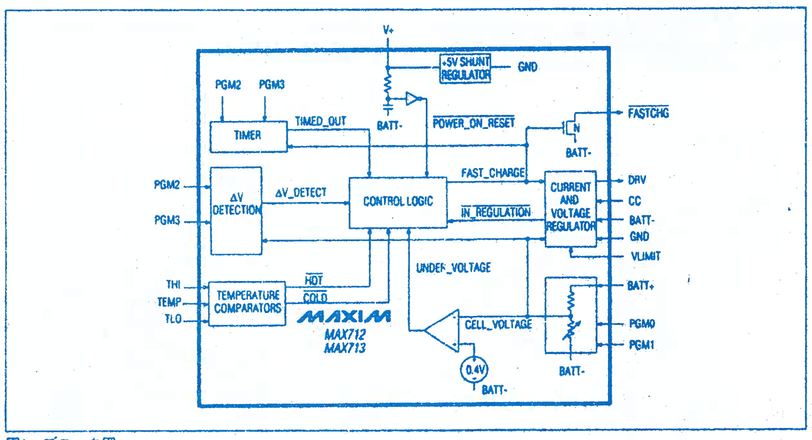


図1. ブロック図

表2．セル数のプログラミング表

Number of Cells	PGM1 Connection	PGM0 Connection
1	V+	V+
2	open	V+
3	REF	V+
4	BATT-	V+
5	V+	open
6	open	open
7	REF	open
8	BATT-	open
9	V+	REF
10	open	REF
11	REF	REF
12	BATT-	REF
13	V+	BATT-
14	open	BATT-
15	REF	BATT-
16	BATT-	BATT-

始めに

MAX712/MAX713の使い方は簡単です。以下のいくつかのステップによって、完全なバッテリ充電器を設計することができます。

1．使用する特定のバッテリについての、最大充電電流や充電の完了方法に関しては、バッテリメーカの推奨方法にしたがって下さい。表1に、一般的なガイドラインを示します。

表1．急速充電の完了方法

充電レート	NiMHバッテリ	NiCdバッテリ
>2C	ΔV/Δtおよび温度、MAX712またはMAX713	ΔV/Δtおよび温度、MAX713
2C～C/2	ΔV/Δtと温度の両方またはいずれか、MAX712またはMAX713	ΔV/Δtと温度の両方またはいずれか、MAX713
<C/2	ΔV/Δtと温度の両方またはいずれか、MAX712	ΔV/Δtと温度の両方またはいずれか、MAX713

2．充電レートを決定します。C/3レートでは、約3時間でバッテリを充電できます。このレートで充電する際に必要な電流は、以下の式によってmA単位で算出できます。

I_{FAST}＝(mAh単位でのバッテリ容量)/(h単位での充電時間)

バッテリによっては充電効率は80%まで低下するため、

表3．最大充電時間のプログラミング表

Timeout (min)	A/D Sampling Interval (sec) (tA)	Slope Charge Limit	PGM3 Connection	PGM2 Connection
22	21	Disabled	V+	open
22	21	Enabled	V+	REF
33	21	Disabled	V+	V+
33	21	Enabled	V+	BATT-
45	42	Disabled	open	open
45	42	Enabled	open	REF
66	42	Disabled	open	V+
66	42	Enabled	open	BATT-
90	84	Disabled	REF	open
90	84	Enabled	REF	REF
132	84	Disabled	REF	V+
132	84	Enabled	REF	BATT-
180	168	Disabled	BATT-	open
180	168	Enabled	BATT-	REF
264	168	Disabled	BATT-	V+
264	168	Enabled	BATT-	BATT-

C/3レートの急速充電では3時間45分かかる可能性があります。これはMAX712/MAX713の効率の問題ではなく、バッテリ内で電気エネルギが化学エネルギに変換される際の効率によるものです。

3．外部DC電源(ACアダプターなど)を選択します。電源の最小出力電圧(リップルを含む)は、6V以上で少なくともバッテリの最大電圧より1V以上高くします。

4．次式を用いて、パワーPNPとダイオード("標準動作回路"のQ1とD1)の、消費電力の最悪値をW単位で算出します。

PD_{PNP}＝(負荷接続時の最大ACアダプター電圧－最低バッテリ電圧)×(A単位での充電電流)

5．算出した最大消費電力が許容できない場合、11セル以上のバッテリ・スタックを用いる場合、あるいは、充電電流が0.6Aを越える場合には"詳細"を参照してください。そうでない場合には"標準動作回路"を用いて、以下の手順でR1とR_{SENSE}の値を算出します。

6．次式を用いてR1の値をkΩ単位で算出します。

R1＝(最低ACアダプター電圧－5V)/5mA

7．次式を用いてR_{SENSE}の値を算出します。

R_{SENSE}＝0.25V/I_{FAST}

8．表2と表3からピン接続を決定します。例えば、C/2レートで急速充電を行う場合、タイムアウト時間は充電期間の1.5倍から2倍とし、3時間から4時間とします。

MAX712/MAX713は、電圧勾配または温度のいずれかによってフル充電状態を検出するように設定することができます。

図4は、既に電源を与えられたMAX712/MAX713にバッテリをセットする場合の充電プロセスです。時間1の間、充電器の出力はセル数×VLIMITで得られる電圧に安定化されます。MAX712/MAX713はトリクル充電状態にあります。バッテリがセットされると(時間2)、MAX712/MAX713はバッテリに流れ込む電流を検出し、急速充電状態に切り替わります。そしてフル充電状態に達したことを検出するとデバイスはトリクル充電状態に戻ります(時間4)。バッテリが取り外された場合(時間5)、MAX712/MAX713はトリクル充電状態を保ち出力電圧は時間1と同様に安定化されます。

表4．MAX712/MAX713の充電状態遷移表

$\overline{POWER_ON_RESET}$	UNDER_VOLTAGE	$\overline{IN_REGULATION}$	$\overline{COLD}$	Result*
0	X	X	X	Set Trickle
↑	1	X	X	No change
↑	X	1	X	No change
↑	X	X	0	No change
↑	0	0	1	Set Fast
1	0	0	1	No change
1	0	0	↓	No change
1	↓	0	1	Set Fast
1	0	↓	1	Set Fast
1	0	0	↑	Set Fast**
1	X	X	0	Trickle to Fast Transition Inhibited
1	↑	0	X	Set Trickle
1	0	↑	X	Set Trickle

＋急速充電とトリクル充電の、2つの状態しかありません。
* 他のロジック・ラインの状態に関わらず($\overline{HOT}$における立下りエッジ)、タイムアウトまたは電圧勾配の検出によりトリクル充電状態になります。
** 電源投入時にバッテリが低温の場合、$\overline{COLD}$の最初の立上りエッジにおいて急速充電がトリガされます。しかしながら、2度目以降の立上りエッジは何ら影響しません。

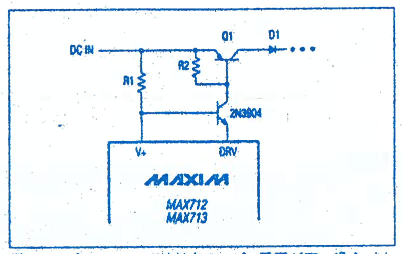


図5．DRVピン・カスコード接続(DC INピン電圧が高い場合、または、MAX712/MAX713の消費電力を抑えるために用います)

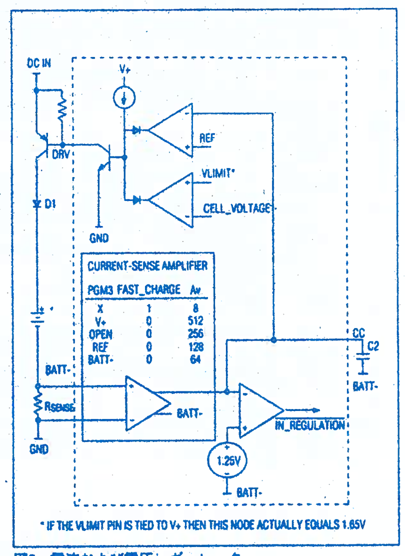


図6．電流および電圧レギュレータ

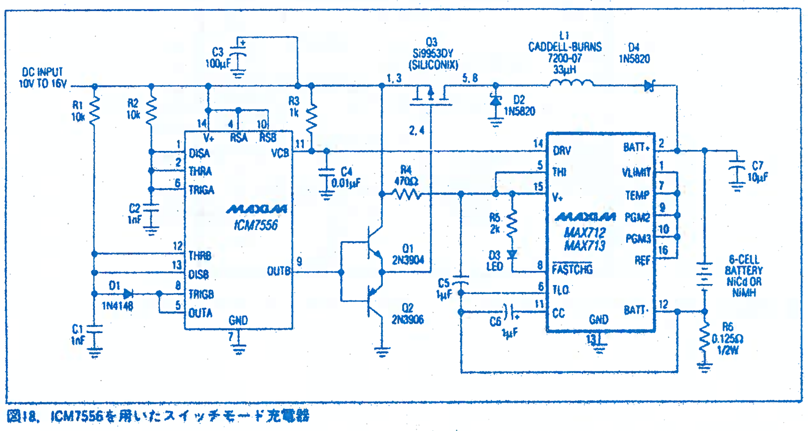


図18．ICM7556を用いたスイッチモード充電器

詳細

MAX712/MAX713は、バッテリに定電流を与えることによりNiMHまたはNiCdバッテリを急速充電します。MAX712/MAX713は常に、急速充電またはトリクル充電のいずれかの状態にあります。急速充電中は電流レベルが高く、一度フル充電したことを検出すると、電流レベルが下がりトリクル充電状態となります。バッテリがフル充電状態に達したかどうかの検出を行うために、製品は電圧勾配、バッテリ温度、充電時間の、3つの値をモニタしています。

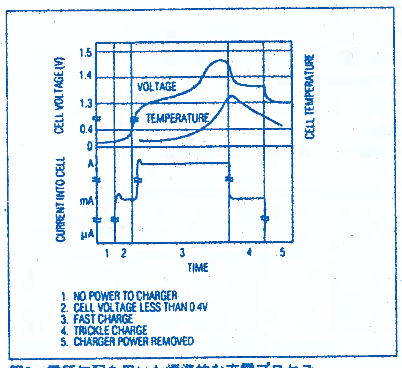


図2．電圧勾配を用いた標準的な充電プロセス

図1に、MAX712/MAX713のブロック図を示します。ブロック図内のタイマ、電圧勾配検出、温度コンパレータは、フル充電状態を検出するために用いています。電圧および電流レギュレータは、出力電圧および出力電流を制御するとともに、バッテリが接続されているかどうかを検出します。

図2は、充電器に電源を与える前にあらかじめバッテリがセットされている場合の、標準的な充電プロセスを示しています。時間1において、MAX712/MAX713は、バッテリから無視できる程度の電流しか流し出しません。DC INに電源電圧が与えられると(時間2)パワー・オン・リセット回路がMAX712/MAX713をトリクル充電状態に保ちます(図1内の$\overline{POWER_ON_RESET}$信号を参照)。$\overline{POWER_ON_RESET}$信号がハイになると(時間3)、セル電圧が低電圧ロックアウト(UVLO)電圧(セル毎に0.4V)以上ならば、デバイスは急速充電状態に入ります。急速充電は、(バッテリ電圧)/(セル数)が0.4Vを越えるまで開始しません。

充電中のセルの電圧勾配が負になると、急速充電は即座に完了しMAX712/MAX713はトリクル充電状態に復帰します(時間4)。電源電圧が失われると(時間5)、デバイスはバッテリから流れ出す電流を無視し得る程度に抑えます。

図3に、温度によるフル充電状態の検出を行う際の標準的な充電プロセスを示します。この場合、急速充電を行うにはバッテリ・パックの温度が低過ぎます(例えば、低温な外気中で用いていたバッテリをセットした場合です)。時間2の間、MAX712/MAX713はトリクル充電状態にあります。急速充電が安全に行える温度に達すると(時間3)、急速充電が開始します。バッテリの温度がTHIで設定する上限を越えると、MAX712/MAX713はトリクル充電状態に戻ります(時間4)。

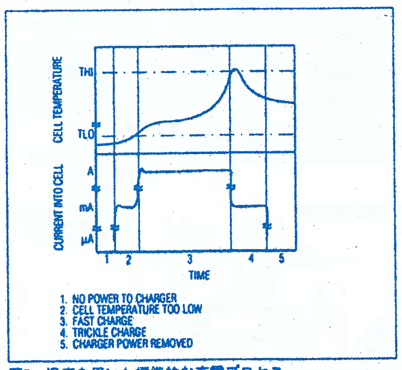


図3．温度を用いた標準的な充電プロセス

表5．PGM3によるトリクル充電電流の決定

PGM3	Fast-Charge Rate	Trickle-Charge Current ($I_{TRICKLE}$)
V+	4C	I_{FAST}/64
OPEN	2C	I_{FAST}/32
REF	C	I_{FAST}/16
BATT-	C/2	I_{FAST}/8

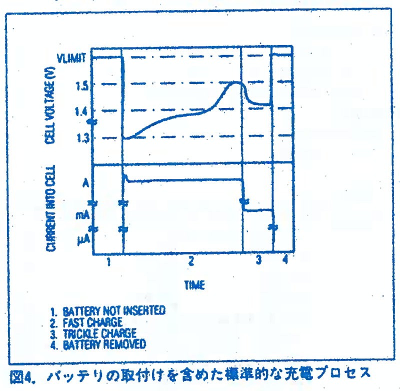


図4．バッテリの取付けを含めた標準的な充電プロセス

温度による急速充電の完了

図8aは、MAX712/MAX713が負の温度係数をもつサーミスタを用いて、バッテリ温度の下限および上限状態を検出する方法を示しています。T1とT2が同じ公称抵抗値をもつように同じモデルのサーミスタを用いてください。バッテリの温度が周囲温度と等しいとき、TEMPの電圧は1V(BATT-基準)となります。

THIで設定されたスレッショルドにより、急速充電が完了するポイントが決まります。TEMPの電圧がTHI以上となった時点で急速充電は完了し、TEMP電圧がTHIよりも下がるまで再開しません。

TLOで設定されたスレッショルドにより、急速充電が禁止される低温の下限温度が決まります。TLO＞TEMPの状態でMAX712/MAX713が動作を開始した場合、TLOがTEMP以下となるまで急速充電は開始しません。

この低温での急速充電禁止機能は、R5、T3、0.022μFコンデンサを取り除きTLOをBATT-に接続することで無効にすることができます。

以上の温度コンパレータによる急速充電完了機能の全体を禁止する際には、T1、T2、T3、R3、R4、R5および関連するコンデンサを取り除き、以下のように接続します。

TEMP＝REF
THI＝V+
TLO＝BATT-

バッテリ・パックによっては、バッテリの負端子側にあらかじめ温度検出サーミスタが接続されています。この場合、図8bに示す構成を用いてください。

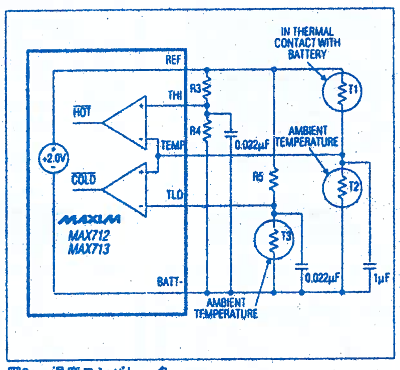


図8a．温度コンパレータ

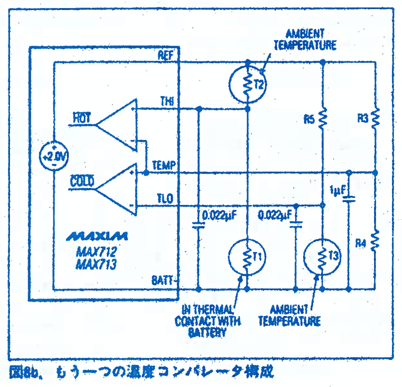


図8b．もう一つの温度コンパレータ構成